

パーソナルモビリティの導入に対する 歩行者のリスク認知に関する研究

菱川 貴之¹・井料 美帆²・長谷川 悠³

¹学生会員 名古屋大学 工学部環境土木・建築学科 (〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町)

E-mail:hishikawa.takayuki@h.mbox.nagoya-u.ac.jp

²正会員 名古屋大学大学院准教授 環境学研究科都市環境学専攻 (同上)

E-mail:iryo@nagoya-u.jp

³非会員 A.T.カーニー (〒107-6032 東京都港区赤坂 1-12-32)

E-mail: sss.hasegawayu@gmail.com

セグウェイに代表されるパーソナルモビリティ (PMV) は、コンパクトで小回りが利き、環境性能に優れた手軽な交通手段として着目されている。普及には、客観的な安全性の確保のみならず、社会環境として PMV が歩行者の周りを走行する状況に対する歩行者の主観的な社会的受容性を検証すべきである。本研究では社会的受容の構成要因の 1 つであるリスク認知に着目し、歩行者と混在する PMV に対する、車種、歩行者の属性に応じた、歩行者のリスク認知の特性を調べることを目的とする。形状の異なる PMV に対するリスクを尋ねるアンケート調査を実施した。因子分析の結果、座位タイプは立位タイプに比べて安全で信頼があり、リスクが小さく認知されることが明らかになった。歩行者の属性 (PMV の認知度、性別、性格、普段の歩行頻度、年齢) による違いも明らかになった。

Key Words: *personal mobility vehicles, acceptance, walking space, risk perception, pedestrian*

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

次世代のモビリティとして期待されているパーソナルモビリティ (PMV) は一人乗りの小さな乗り物である。そのうち、本論文では歩道で歩行者と混在可能な車両に着目する。近年、新技術により多数の機種が開発されている。PMV のメリットは、自動車に比べて少ないエネルギー消費量で済むことや、高齢者や身体障害者などの交通弱者の移動を支援しやすいことである。また、高速・低速問わず安定して走行が可能である。PMV は有用である一方で、普及には法的な課題と社会的受容性が不明な点が課題として存在する。法的な課題とは、開発されている PMV の多くが公道走行を認められていない点である。社会的受容性とは、当該車両の利用者および利用者の周辺の者双方にとって導入が受け入れられることであり、利用者への利便性が認められるだけでなく、既存の交通への負の影響を最小限にし、客観的にも主観的にも道路利用者の安全・安心を確保することが必要である。客観的な衝突危険性だけでなく、主観的にも道路利用者が安全・安心を感じる必要がある。

道路利用者の安全・安心を考えるうえで、歩道を歩く歩行者の主観に立って考えてみる。将来の PMV が普及する状態を想定すると、歩行者自身が希望するしないにかかわらず、PMV との混在を強いられることになる。その環境を受け入れられるかどうかは、PMV との混在を歩行者がどの程度のリスクとして認知するかによると考えられる。

知識や経験のないものを見たり体験したりするとき、人は得られる限られた情報の中から判断する。中でも、第一印象として受けた情報に人の判断は左右されやすいと考えられる。新たな PMV に対しても、外見を中心とした限られた情報、および自身の経験や知識に基づく情報とを関連付けてリスクを認知するのではないかと想定される。現状提案されている PMV は多様であり、立ち乗り (立位) か座り乗り (座位) かといった形状、走行速度などの運動特性が車種ごとに大きく異なる。こうした PMV の多様性と歩行者の経験や属性はリスク認知に大きく影響を与えると考えられ、リスク認知特性もこれらを踏まえて比較すべきである。

既往研究では、PMV の運転者側の心理を問うものとして、ウィングレットの体験乗車後に運転者の乗りやす

さや利用意向を問うた研究⁷⁾があるが、混在する歩行者側の心理は対象としていない。また、車種間の比較はできていない。

また PMV が歩行者の心理に与える影響因子として、倒立振り子型車両のステップの高さ、歩車混在空間の歩行者密度、接近方向、距離、速度が挙げられることが複数の研究により明らかになっている。²³⁾⁴⁵⁾しかしこれらはすべて倒立振り子型車両に限られた研究である。ほかの PMV 車種の検証と、車種間の比較ができていない。また、いずれも歩行者の属性は考慮していない。

そこで PMV の車種それぞれに対して、歩行者の属性に応じた、歩行者のリスク認知の特性を調べることを目的とする。

(2) 構成

アンケート調査を 2 回に分けて実施した。2 章では 2 つのアンケート調査の概要を示す。3 章では VR 実験被験者へのアンケート調査、4 章ではウェブアンケート調査の分析を行う。5 章では 2 つの調査の比較を行う。

2. リスク認知に関するアンケート調査

(1) リスク認知の知見とアンケートの設計方針

Slovic⁶⁾は、人間の活動や技術から幅広く選定し、遺伝子工学、ジョギング、犯罪など 90 個のハザードに対して、リスク認知構造をアンケート調査を通じて分析した。因子分析の結果、リスクは未知性(unknown risk)、脅威性(dread risk)、被害曝露人口(degree of exposure to the hazard)の 3 つの次元に分類された。人は新たな車両である PMV に対しても類似の構造でリスクを認知するものと想定されることから、本研究でもこの分析に倣ってアンケート調査を実施した。ただし、本研究で対象とするのは PMV の車種ごとのリスク認知の比較であり、車両はいずれも歩行者空間の走行を想定した比較的低速の乗り物である。したがって、被害曝露人口の車種による違いはほとんどないと考えられるため、これに関連する設問は除いた。

また、歩行空間において歩行者にとって致命的な度合

いを問う設問は被験者にとって想像しづらいものであることから、致命的等の語は用いず、より被験者が理解のしやすい形でアンケート内容を設計した。

(2) 2 つのアンケート調査の概要

本研究では、2 つのアンケート調査を行った。概要を表-1 に示す。PMV が普及したと想定した将来の歩車混在下では、PMV が至近な側方を通過することが想定される。PMV と一緒の空間で PMV の動きをある程度新たに経験させた層とそうでない層とで違いがでると予想した。このため、バーチャルリアリティー (VR) を用いた実験を行い、セグウェイが至近な側方を通過するという体験をさせた層にアンケート調査を実施し、ウェブアンケート調査では VR 体験がない層を調査した。

VR 実験後アンケートで対象となった車両の選定方法は、国内での認知度が多少あること、PMV の設計速度の大小、立位座位のタイプの違いを考慮し、6 車種を選定した。自転車、セグウェイ、ニンボット、ホバーボード、シニアカー、ユニカブ (図-1、表-2) である。

ウェブアンケートで、対象となった車両は、VR 実験後のアンケートでの対象 6 車種に加えて、ウィングレットとウィルを選定した。合計 8 車種である。

表-1 2 つのアンケートの概要

	VR実験後アンケート	ウェブアンケート
属性	20~23歳の大学(院)生	17~76歳
サンプル数	40	300
調査法	VR実験後、対面で記入式のアンケート	WEBアンケート、調査委託：(株)マーシュ
対象車両	自転車、セグウェイ、ニンボット、ホバーボード、シニアカー、ユニカブ	左記に加えて、ウィングレット、ウィル
設問	年齢、性別	年齢、性別
	リスク認知に関する設問	リスク認知に関する設問
	どのようなPMVなら安心できるか(要求性能、行動)	N/A
	N/A	普段の歩行頻度、自転車、バイク、自動車の運転頻度
N/A	性格に関する設問	

表-2 車種一覧表

番号	名称	乗り方	走行速度 (km/h)
1	自転車	座位	30 ※NZ境界値
2	セグウェイ	立位	20 ※カタログ値
3	ニンボット	立位	20 ※カタログ値
4	ホバーボード	立位	15 ※カタログ値
5	シニアカー	座位	6 ※カタログ値
6	ユニカブ	座位	6 ※カタログ値
7	ウィングレット	立位	6 ※カタログ値
8	ウィル	座位	6 ※カタログ値



図-1 PMV の写真 (ウェブアンケート)

表-3 リスク認知に関する設問

設問番号	設問の意図	VR実験後アンケートの設問文	ウェブアンケートの設問文
Q1	(認知度)	この乗り物を知っていますか	図の乗り物に人が乗っているところを見たことがありますか。(※) 選択肢: 乗ったことがある/実際に目で見たことがある/動画でみたことがある/静止画像でみたことがある/名前を聞いたことがある/該当なし
Q2	(怖さ)	この乗り物は怖い	自分が歩いているすぐ横を図の乗り物が通り抜ける時、怖いと感じますか。
Q3	(回避性)	自分が気をつけていれば事故を回避できる	自分が気をつけていれば、図の乗り物との事故を回避できそうだと思いますか。
Q4	(被害程度)	もし事故が起きたら被害は大きい	歩行者である自分が、図の乗り物とぶつかったとします。被害は大きいと思いますか。
Q5	(操縦性)	乗っている人は乗り物をうまく操縦できる	乗っている人は図の乗り物をうまく操縦できそうだと思いますか。
Q6	(技術信頼性)	乗り物を制御する技術は信頼できる	N/A
Q7	(想定速度)	N/A	図の乗り物は速そうだと思いますか。
Q8	(非予測性)	N/A	図の乗り物は予測できない動きをしそうだと思いますか。
Q9	(特別な技能)	N/A	図の乗り物に全く乗ったことがない人が乗れるようになるためには、特別な技能の習得が必要そうだと思いますか。
※: この印のある設問以外はすべて5段階評価で回答。そう思う(肯定側)が5点, そう思わない(否定側)が1点。			

(3) バーチャルリアリティー実験後のアンケート調査

バーチャルリアリティー (VR) を用いた実験を行い、セグウェイが至近な側方を通過するという体験をさせた層にアンケート調査を実施した。VR 環境は、フォーラムエイト社の UC-Win/Road Ver. 12 を用いて生成した。この VR 空間内に、被験者とインタラクティブに回避することのできるセグウェイと周辺歩行者のモデルを作成し、ヘッドマウントディスプレイとして Oculus Rift を装着した被験者にその空間を歩行する体験をさせた。実験は大学の室内で行った。VR の設定の詳細は付録にて紹介している。この VR 実験後、対面で記入式のアンケートを実施した。被験者は 20 歳から 23 歳までの大学生と大学院生であり、40 人が参加した。

各 PMV に対するリスク認知の設問項目は全て同じで、表-3 の通りとした。Q2 は乗り物の怖さを、Q3 は事故の回避性を問うている。Q4 は、事故によってどの程度被害があるかを予想してもらうものである。

Q5 は操縦性、Q6 は機械制御技術への信頼を問うている。これらの設問は 5 段階評価で答えるようになっている。

また、どのような PMV なら安心できるかを、歩行者側、運転手側の立場にたって答える設問も設けた。これらの設問は 5 段階評価で答えるようになっている。

(4) ウェブアンケート調査

(株)マーシュへの委託により、ウェブアンケート調査を実施した。被験者は(株)マーシュのモニター登録をしている、被験者の年齢が 10 代、20 代、30 代、40 代、50 代、60 代以上でサンプリングを同数の 50 名とし、計 400 名からの回答を得た。被験者には、PMV の画像 (図-1) を見せ、設問に答えてもらうこととした。これを 8 種類の PMV について繰り返した後、被験者個人の運動・運転や性格に関する内容の質問を行った。運転している人間の年齢や性別、態度などを暗示する実際の人間の画像

は用いず、PMV の画像には、PMV の車体に棒人間を描きこんだ状態の画像を作成し用いた。なお、車両の名称は表-2 に記載した。

各 PMV に対するリスク認知の設問項目は全て同じで、表-2 の通りとした。Q2 は乗り物の怖さを問うものである。Q3 は、事故の回避性を問うている。Q4 は、事故によってどの程度被害があるかを予想してもらうものである。Q5 は操縦性、Q7 は見た目の速度、Q8 は乗り物が予測できない動きをするか、予測性を問うている。Q9 は操縦可能になるまでの難易度を予想してもらっている。これらの設問は 5 段階評価で答えるようになっている。

普段の歩行頻度、自転車やバイク、自動車の運転頻度も尋ねた。「急いでいけば多少人に接触する可能性があってもほかの歩行者の間をぬってあるこうとするか」を尋ねる質問もした。

3. バーチャルリアリティー実験後のアンケート調査の分析

(1) 基礎集計

a) 歩行者の要望としての要求性能

VR 実験後アンケートでは、被験者にどのような PMV なら安心できるかを聞いた。図-2、図-3 は、PMV にある機能が実装されたりある行動がなされた場合、歩行者としての安心が向上するかどうかを 1 点 (向上しない) から 5 点 (向上する) までの 5 段階評価で聞いた平均点を示したものである。まず、セグウェイの運転手がどんな行動をすれば歩行者の安心感が向上するかを尋ねる質問では、歩道の端を走行することが高評価で、アラームなど警告音は低評価であった。

セグウェイに存在したとしたら安心感が向上する機能を、歩行者の視点と運転者の視点から評価してもらった

質問	向上しない	向上する	n
歩道の端を走行する	4.39		38
「通ります」「すみません」などと声をかける	4.10		40
自転車のベルのようにアラームを鳴らす	3.15		40

図-2 セグウェイ運転者の行動による歩行者の安心感の向上度

質問	歩行者視点		運転者視点		n
	向上しない	向上する	向上しない	向上する	
周囲の混み具合・歩行者の密度に合わせて速度を制限する	4.58		4.08		** 40
歩行者に近づくと減速する	4.55		4.33		40
歩道の幅に合わせて速度を制限する	4.48		3.80		** 40
常に歩行者以下の速度（6km/h以下）で移動する	2.95		2.69		39
歩行者に近づくとアラーム音が鳴る	2.78		3.05		40

図-3 セグウェイに対する要求機能と安心感の向上度平均値

結果を図-3 に示す。歩行者の視点からは「周囲の混み具合・歩行者の密度に合わせて速度を制限する」「歩行者に近づくと減速する」「歩道の幅に合わせて速度を制限する」といった、周囲の状況に応じた速度制限が高評価であった。しかしセグウェイの運転者の視点に立つと、歩行者視点の場合に比べて有意水準1%で「周囲の混み具合・歩行者の密度に合わせて速度を減速する」「歩道の幅に合わせて速度を制限する」の評価が下がっている。周囲の状況に応じた速度制限が高評価である一方で、一律に速度を6km/h以下に抑えるといった機能は他に比べて低評価だった。必要もないのにゆっくり走るPMVに対しては逆に不快感が増すからであろう。そのほか、自由記述で要求する機能を聞いたところ、自動ブレーキや転倒防止機能を挙げる被験者が多数いた。

b) 歩行者のPMVに対するリスク認知

VR 実験後アンケートでのリスク認知に関する設問の回答を分析した。各設問ごとの平均値のを図-4 に示す。いずれの設問も回答は個人のばらつきが大きい。表-4 に相関係数行列を示す。Q3（回避性）やQ4（被害程度）に関する設問では、PMVの最高速度が速いほど「回避できない」「事故の被害が大きい」といった関連性がみられる。Q5（操縦性）とQ6（技術信頼性）の設問は相関係数0.70と非常に高い値となり、強い正の相関がみられた。技術への信頼と操縦者への信頼は区別して捉えていない、あるいは信頼できる技術の乗り物に対しては、操縦者はうまく乗れると認識されているのかもしれない。

(2) 因子分析

ウェブアンケート調査の因子分析を行った。7つのリスク認知に関する設問を因子分析に用いた。表-5はこの結果を示したものである。分析には青木の関数（factanal2関数）⁷⁾を用いた。第一因子にQ1、Q5、Q6が、第二因子にQ2、Q3、Q4が分類される。第一因子は「こ

質問	車種	低		高	
		低	高	低	高
Q1 (認知度)	1 自転車	5.0			
	2 セグウェイ	4.9			
	3 ナインボット	1.7			
	4 ホバーボード	3.7			
	5 シニアカー	4.6			
	6 ユニカブ	1.6			
Q2 (怖さ)	1 自転車	2.7			
	2 セグウェイ	3.1			
	3 ナインボット	3.4			
	4 ホバーボード	3.0			
	5 シニアカー	1.9			
	6 ユニカブ	2.2			
Q3 (回避性)	1 自転車	3.3			
	2 セグウェイ	3.3			
	3 ナインボット	2.8			
	4 ホバーボード	3.0			
	5 シニアカー	4.0			
	6 ユニカブ	3.7			
Q4 (被害程度)	1 自転車	4.3			
	2 セグウェイ	3.3			
	3 ナインボット	3.2			
	4 ホバーボード	2.9			
	5 シニアカー	3.0			
	6 ユニカブ	2.4			
Q5 (操縦性)	1 自転車	3.9			
	2 セグウェイ	2.5			
	3 ナインボット	2.1			
	4 ホバーボード	2.4			
	5 シニアカー	3.1			
	6 ユニカブ	3.0			
Q6 (技術信頼性)	1 自転車	3.6			
	2 セグウェイ	2.7			
	3 ナインボット	2.2			
	4 ホバーボード	2.5			
	5 シニアカー	3.4			
	6 ユニカブ	3.1			

※青: 自転車, 緑: 立位タイプPMV, 黄: 座位タイプPMV

図-4 リスク認知に関する設問の回答平均値（VR 実験後アンケート）

の乗り物をあまり知らない」「乗っている人は乗り物をうまく操縦できない」、「乗り物を制御する技術は信頼できない」、「自分が気をつけていても事故を回避できない」といった未知性、制御不安定性、非信頼性を表していると推測され、これを非信頼性因子と名付ける。ま

た、第二因子は「この乗り物は怖い」、「自分が気をつけていても事故を回避できない」、「もし事故が起きたら被害は大きい」といった外敵性、危険性を表していると推測され、これを危険性因子と名付ける。これらの因子は、Slovic の研究⁹⁾における、未知性(unknown risk)と脅威性(dread risk)にそれぞれ対応すると考えられる。

Slovic と同様に、リスク認知マッピングを行う。因子得点の計算方法は、因子負荷量に各設問の回答平均を単純に掛け算し、合算した。因子得点 Z、平均点 D、因子負荷量 L とし、以下のようにして求めた。

$$Z = L^t D \quad (1)$$

この因子得点を、第一因子（非信頼性）軸を y 軸に、第二因子（危険性）軸を x 軸にとって、リスク認知マッピングを行った。第一因子（非信頼性）が大きいく、第二因子（危険性）が大きいほど因子得点のグラフ上では右上側にあり、そのリスク評価は大きい。逆に第一因子（非信頼性）が小さく、第二因子（危険性）が小さいほど因子得点のグラフ上では左下側にあり、そのリスク評価は小さいと推察できる。その結果、ユニカブとシニアカーのグループ（PMV 座位タイプ）と、セグウェイ、ニンボット、ホバーボートのグループ（PMV 立位タイプ）と、自転車のグループに大きく分けることができ、このうち座位タイプは立位タイプよりリスク評価が小さい傾向がある（図-5）。立位タイプ座位タイプともいずれも自転車よりも危険性は低く認知されているが、自転車ほど信頼度は高くはないことがわかる。

4. ウェブアンケート調査の分析

(1) 基礎集計

a) PMV の認知度

PMV の認知度を尋ねた設問 Q1 「図の乗り物に人が乗っているところを見たことがありますか」で下記の階級を作成した。

「認知度：高」：実際に乗ったことがあったり見たことがある、もしくは動画で見たことがある

「認知度：低」：上記に該当しない

図-6 にその結果を示す。認知度は、自転車、シニアカー、セグウェイ、ウイングレット、ホバーボート、ニンボット、ウィルの順に小さくなった。自転車、シニアカー、セグウェイが過半数の被験者に認知されていた。

b) 歩行者の PMV に対するリスク認知

VR 実験後アンケートと同様に、ウェブアンケートでのリスク認知に関する設問の回答を分析した。各設問ごとの平均値を図-7 に示す。表-5 に相関係数行列を示す。立位タイプは座位タイプに比べて、「怖い」「回避できない」「操縦はうまくなさそう」「速そう」「予測でき

表-4 相関係数行列（VR 実験後アンケート）

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
Q1 認知度	1					
Q2 怖さ	-0.10	1				
Q3 回避性	0.05	-0.52	1			
Q4 被害程度	0.17	0.49	-0.28	1		
Q5 操縦性	0.25	-0.34	0.25	-0.04	1	
Q6 技術信頼性	0.24	-0.32	0.33	-0.16	0.70	1

表-5 因子負荷量（VR 実験後アンケート）

	第一因子 (非信頼性)	第二因子 (危険性)
Q1 認知度	-0.31	0.01
Q2 怖さ	0.21	0.84
Q3 回避性	-0.19	-0.56
Q4 被害程度	-0.06	0.60
Q5 操縦性	-0.89	-0.17
Q6 技術信頼性	-0.74	-0.23
寄与率	0.25	0.24

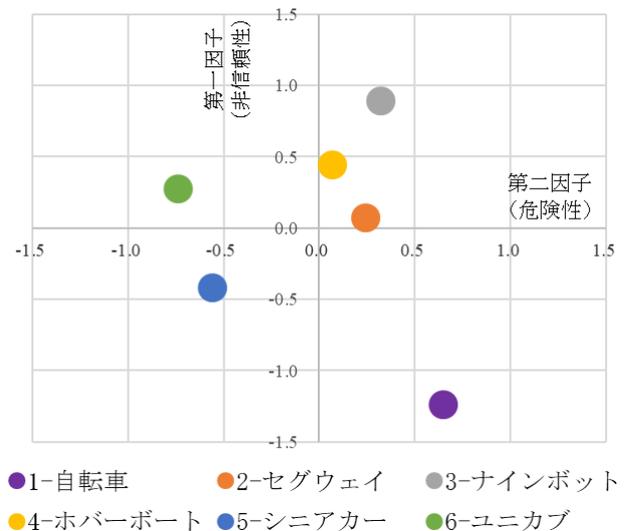


図-5 VR 実験後アンケートでの因子得点

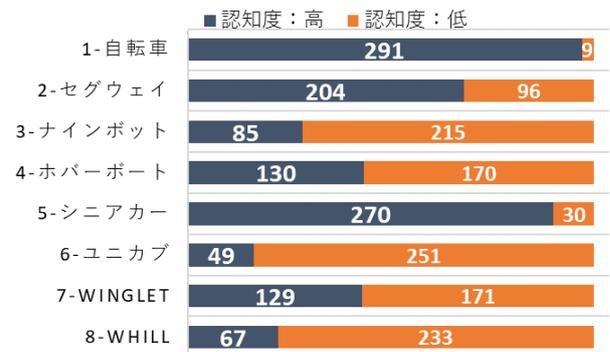


図-6 PMV の認知度

ない動きをしよう」「特別な技能が必要だ」と認識されている。個別の乗り物間の比較をすると、ナインボットとホバーポートはどの設問でもほとんど同じ平均値である。セグウェイとウイングレットも同様である。シニアカーとウィルは、傾向としては同じであるが、シニアカーの方がより安全側の回答が多かった。

Q3（回避性）では、シニアカーとは最も事故を回避できるが、ナインボットとは最も事故を回避できないと認識されている。これはPMVの認知度（図-7）の大小

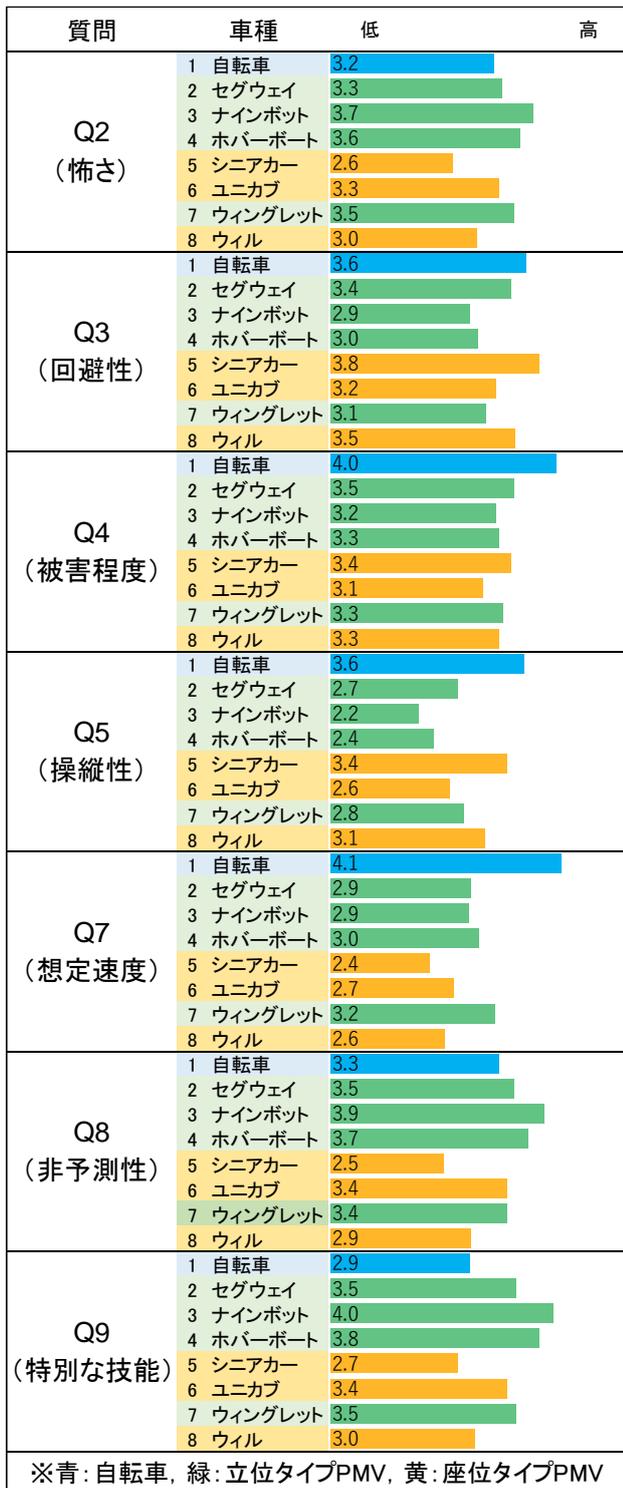


図-7 リスク認知に関する設問の平均値（ウェブアンケート）

に応じているように思われる。よく知らなければ回避しようがないという認識があるのかもしれない。

Q8（非予測性）では、シニアカーとウィルは予測できない動きはしなさそうだと認識されているものの、ほかのPMVは挙動が予想できないと認識されている。これは車いすタイプのPMVであれば、日常での車椅子やベビーカーなどの動きをイメージしやすいことが関係していると思われる。

c) 想定速度と走行速度の評価

認知度ランク別に見かけの速度評価値（1：遅そう、5：速そうの5段階）の平均値と走行速度とを比較した（表-6）。ここでいう走行速度とは、自転車を除くPMV7車種に関しては最高速度のカタログ値であり、自転車はニュージーランド自転車道整備マニュアル⁸⁾に記載された、通勤通学者の速度レンジの数値の上限値を用いた。全体的に、当該PMVの認知度が高いグループは認知度が低いグループに比べて、その車両が速そうだと認識している。ウイングレットは6km/hで走行するように制御されているが、ほかの立位タイプのセグウェイやナインボット、ホバーポートに比べてむしろ速そうだと認知されている。また、セグウェイやナインボットは速度が20km/hで常に走るわけではなく、歩道上を行き交うことを想定する際には、立位タイプの乗り物はほぼ同じ速度をイメージしているのだろう。

(2) 因子分析

VR実験後のアンケート調査の結果の分析と同様に、ウェブアンケート調査の因子分析を行った。リスク認知

表-6 相関係数行列（ウェブアンケート）

	Q2	Q3	Q4	Q5	Q7	Q8	Q9
Q2 怖さ	1.00						
Q3 回避性	-0.51	1.00					
Q4 被害程度	0.45	-0.29	1.00				
Q5 操縦性	-0.41	0.47	-0.08	1.00			
Q7 想定速度	0.40	-0.28	0.47	-0.04	1.00		
Q8 非予測性	0.51	-0.43	0.33	-0.48	0.35	1.00	
Q9 特別な技能	0.38	-0.30	0.20	-0.37	0.21	0.46	1.00

表-7 想定速度の認知度差と最高速度の表

車種	想定速度	想定速度	走行速度 (km/h)
	認知度：低	認知度：高	
1 自転車	4.1	4.1	30
2 セグウェイ	2.9	3.1	20
3 ナインボット	2.9	3.1	20
4 ホバーポート	3.0	3.1	15
5 シニアカー	2.4	2.6	6
6 ユニカブ	2.7	3.0	6
7 ウイングレット	3.2	3.3	6
8 ウィル	2.6	2.6	6

に関する設問のうち、PMV の認知度に関する設問を除く 7つの設問 Q2-Q5,Q7-Q9を因子分析に用いた。表-8に算出された因子負荷量を示した。第一因子に Q2,Q3,Q5,Q8,Q9が、第二因子に Q2,Q4,Q7が分類されることが分かる。VR 実験後アンケートと同様に、非信頼性と危険性の2軸で説明できる。

この因子得点を、第一因子（非信頼性）軸を y 軸に、第二因子（危険性）軸を x 軸にとり、リスク認知マッピングを行った。第一因子（非信頼性）が大きいく、第二因子（危険性）が大きいほど因子得点のグラフ上では右上側にあり、そのリスク評価は大きい。逆に第一因子（非信頼性）が小さく、第二因子（危険性）が小さいほど因子得点のグラフ上では左下側にあり、そのリスク評価は小さいと推察できる。VR 実験後アンケートと同様に、座位は立位タイプよりリスク評価が小さい傾向がある。（図-8）立位・座位タイプともに自転車よりも危険性は低く認知されている。

a) 認知度によるリスク評価の違い

各車種ごとに認知度：高と認知度：低にわけ、因子得点を求めたものを図-9 に示す。自転車の認知度：低はサンプル数が少ないことに注意されたい。PMV の認知度が高いと、PMV のリスク評価は小さくなっているが、特に、立位タイプに比べて座位タイプのリスク評価の低減度が大きい。ナインボットは認知度が高くてリスク評価があまり低減していない。その理由は Q5（操縦性）の評価が認知度：高の方が認知度：低に比べて低くなっているからである。

b) 性別によるリスク評価の違い

男性(n=126)と女性(n=174)にわけ、因子得点を求めたものを図-10 に示す。男性はリスク評価が小さく、女性はリスク評価が大きい傾向がある。

c) 性格によるリスク評価の違い

設問「急いでいれば、多少人に接触する可能性があってもほかの歩行者の間をぬって歩こうとしますか。」を積極層「（どちらかといえば）そう思う」（n=155），中立層「どちらともいえない」（n=42），消極層「（ど

表-8 因子負荷量（ウェブアンケート）

設問	第一因子 (非信頼性)	第二因子 (危険性)
Q2 怖さ	0.55	0.52
Q3 回避性	-0.58	-0.30
Q4 被害程度	0.16	0.67
Q5 操縦性	-0.83	0.08
Q7 想定速度	0.12	0.68
Q8 非予測性	0.62	0.36
Q9 特別な技能	0.49	0.22
寄与率	0.28	0.21

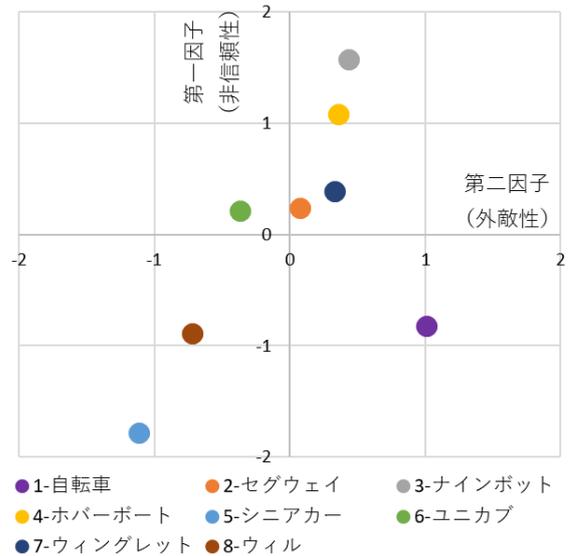


図-8 ウェブアンケートでの因子得点

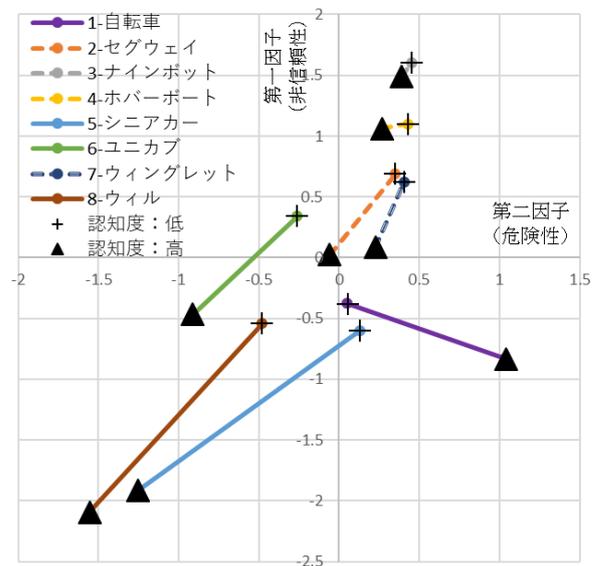


図-9 認知度ごとの因子得点

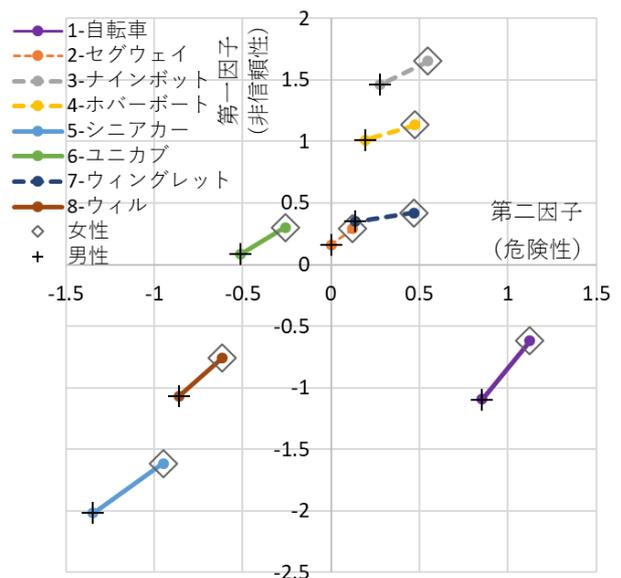


図-10 性別ごとの因子得点

ちらかといえ）そう思わない」(n=103)の3階級にわけ、そのうち中立層をのぞき、積極層と消極層で因子得点を算出した。図-11に示す。PMVのほとんどは積極的な歩行者にとってリスク評価が比較的小さくなっている。一方で、積極的な歩行者は自転車を怖いと認識している。そのため自転車のリスク評価を大きくみている。

d) 普段の歩行頻度によるリスク評価の違い

設問「普段一日当たり外で何分くらい歩きますか」の回答者を 10 分以下 (n=74) , 10 分以上 1 時間未満 (n=193) , 1 時間以上 (n=33) の 3 階級にわけ、因子得点を求めた。図-12 に示す。よく歩く人ほどリスク評価が大きく、歩かない人ほどリスク評価が小さい傾向がある。シニアカーはリスク評価が高まっていない理由は、Q5 (操縦性) , Q7 (想定速度) , Q8 (非予測性) , Q9 (特別な技能) の項目がほかの PMV とは違い、よく歩く人の方がポジティブに評価していたため、因子得点としてはとくに危険性の値がほぼ変わらなかった。

e) 年齢によるリスク評価の違い

年齢を 29 歳以下 (n=100) , 30 歳以上 49 歳以下 (n=100) , 50 歳以上 (n=100) の 3 階級にわけ、平因子得点を求めた。50 歳以上は 29 歳以下のものに比べて、自転車を除き、PMV はすべてリスク評価が大きくなった。(図-13) 50 歳以上の歩行者は、自転車とシニアカーのリスク認知マッピングが接近している。自転車の危険性の評価が 29 歳以下の歩行者に比べて非常に高まっている。

5. 2つのアンケート調査の比較分析

VR 実験では、セグウェイの挙動を VR 空間上で再現し、歩行者側の体験を繰り返させた。さらに、被験者特性としてセグウェイの乗車経験をもつものが半数をしめる被験者特性を考えると、VR 実験後アンケートの回答は、VR 体験が社会的受容性の向上にかかわる可能性を見られるかもしれないと考えられる。

VR 実験後アンケートの被験者(n=40)は 20 代前半の人で構成されているため、WEB アンケートの被験者のうち 29 歳以下(n=100)を抽出して、比較する。設問文を少し変化させているため、直接比較しにくいだが、同一の設問意図をもつ設問について比較したものを図-14 に示す。立位タイプであるセグウェイやニンボットは差があまり見られない。しかし、座位タイプのシニアカーの Q2 (怖さ) で大きな差を見せている。これは、立位タイプのリスクを再認識した上でセグウェイの挙動に慣れたこと、座位タイプの方が高さが低く抑えられている分リスクが低く再評価され、安心感がより向上したと評価した可能性がある。

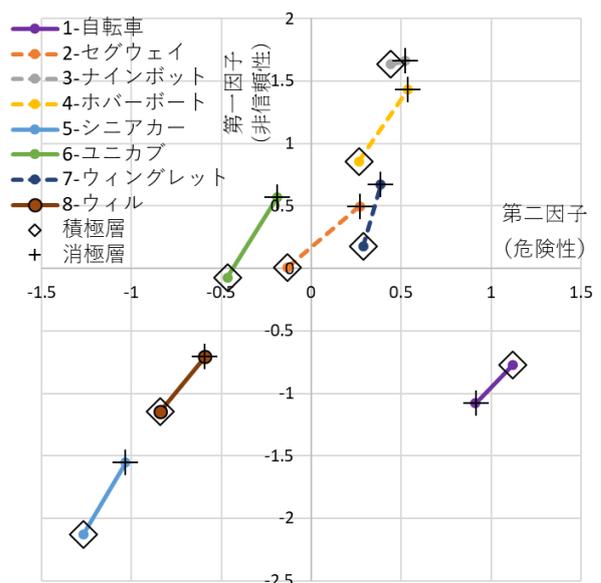


図-11 性格ごとの因子得点

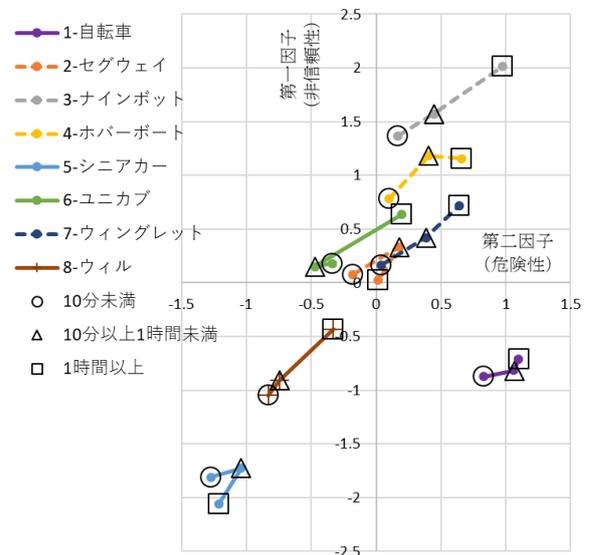


図-12 歩行頻度ごとの因子得点

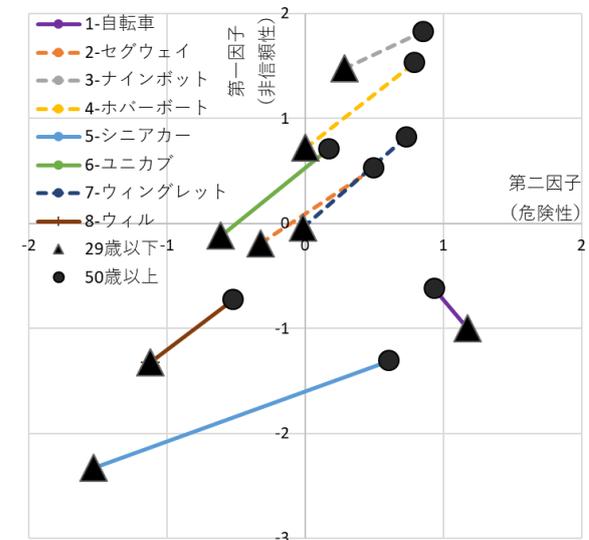


図-13 年齢ごとの因子得点

6. おわりに

次世代のモビリティとして期待される PMV の導入に際しては、周辺歩行者からの社会的受容性を高めることが求められる。そこで歩行者の PMV に対するリスク認知を調べた。特に、PMV の車両ごと、歩行者の属性ごとのリスク認知の特性を明らかにするため、アンケート調査を実施した。因子分析の結果、歩行者の PMV に対するリスク構造は非信頼性と危険性の 2 つの次元にまとめられた。

PMV の車種のうち、座位タイプは立位タイプに比べて、安全で信頼のおける車種であり、リスクが小さく認知されることが明らかになった。

歩行者の属性による以下の違いも明らかになった。

- ・認知度が高いほど PMV に対するリスク評価が小さい。
- ・女性は男性に比べて PMV に対するリスク評価が大きい。
- ・急いでいるときに人込みの中を積極的に進むことに消極的な歩行者は、積極的な歩行者に比べて PMV に対す

車種	設問	低	高
セグウェイ	Q2 怖さ	3.3	3.1
	Q3 回避性	3.3	3.3
	Q4 被害程度	3.3	3.3
	Q5 操縦性	2.7	2.5
シニアカー	Q2 怖さ	2.6	1.9
	Q3 回避性	3.9	4.0
	Q4 被害程度	3.3	3.0
	Q5 操縦性	3.3	3.1
ナインボット	Q2 怖さ	3.6	3.4
	Q3 回避性	2.8	2.8
	Q4 被害程度	3.1	3.2
	Q5 操縦性	2.2	2.1

青色：ウェブアンケート29歳以下，認知度：低
 緑色：ウェブアンケート29歳以下，認知度：高
 黄色：VR実験後アンケート被験者

図-14 アンケートの平均値の比較

るリスク評価が大きい。

- ・日頃よく歩く人ほど、PMV に対するリスク評価が大きい。
- ・50歳以上の人は29歳以下の人に比べて、PMV に対するリスク評価が大きい。

課題は、PMV を実際に見たり乗車を体験することによってリスク認知がどのように変わるかを明らかにすることと、客観性指標やリスク認知以外の主観的危険度指標との関連性を明らかにすることである。さらに、これらの指標を基にして、総合的に考えたとき、どのような PMV に社会的受容性があるかどうかを明らかにすることである。

謝辞：本研究は、科学研究費補助金（16K14317 および 17K18947），（公社）日本交通政策研究会による助成を受けた成果の一部である。ここに記して謝意を表す。

付録 VR 実験の詳細

VR 実験の詳細を示す。VR 実験は、大学の室内で実施し、VR ヘッドセットは Oculus Rift を使用した。映し出した映像は UCwin-road を用いて生成した空間内をセグウェイと歩行者が移動するようになっている。（図-15、図-16）



図-15 VR 装置と実験の様子



図-16 VR 空間の映像例

1) キャラクタの挙動設定

キャラクタの移動軌跡の計算には、歩行者が他の歩行者や障害物から受ける心理的な仮想上の反力(Social Force)を用いた歩行モデルを基本に、これを修正したモデル⁹⁾を使用した。セグウェイのモデルパラメータは歩行実験に基づき推定したもの¹⁰⁾を用いた。

2) シナリオの設定

各シナリオは、歩道幅・歩行者密度・対象となる車両の種類・対象となる車両の希望速度・対象となる車両の挙動の組み合わせで構成される。これらのシナリオはすべて単路の歩道で実行される。また、歩行者は双方向に歩いているが、セグウェイや自転車は全て前方から向かってきて被験者とすれ違うようにした。歩道幅には2m, 2.5m, 3m, 4mの4種類、歩行者密度は低密(0.1人/m²)と高密(0.3人/m²)の2種類を用意した。

3) 実験の進め方

習熟歩行ののち、88回の試行を行った。各試行では、周りの歩行者やセグウェイの様子を見ながら約4m前方の地点まで、被験者は前に向かって歩く。ゴールラインに到達することで1回の試行が完了する。各試行はシナリオを44種類用意し、それぞれのシナリオは2回行われるように設計した。

参考文献

- 1) Ryosuke Ando, Ang Li, Yasuhide Nishihori and Noriyasu Kachi : Acceptability of Personal Mobility Vehicles to Public in Japan: Results of Social Trial in Toyota City,

Spatial Planning and Sustainable Development, Springer, pp.213-225, 2013.

- 2) 中川智皓, 今村和樹, 新谷篤彦, 伊藤智博 : パーソナルモビリティ・ビークルの大きさ歩行者の親和性に関する実験的研究, 日本機械学会論文集C編, 78巻 794号 pp. 3332-3342, 2012.
- 3) 中川智皓, 中野公彦, 須田義大, 川原崎由博, 小坂雄介 : 歩行空間におけるパーソナルモビリティ・ビークルの安全性と安心感, 自動車技術会論文集, 41巻4号 pp. 941-946, 2010.
- 4) 中川智皓, 中野公彦, 古賀誉章, 須田義大, 川原崎由博, 小坂雄介 : パーソナルスペースを用いたパーソナルモビリティ・ビークルと歩行者の親和性評価実験, 日本機械学会論文集C編, 76巻77号, pp.2493-2499, 2010.
- 5) 長谷川悠, 井料美帆, Charitha DIAS : パーソナルモビリティに対する歩行者の主観的危険度インデックスモデルの提案, 第56回土木計画学研究発表会・講演集, 2017.
- 6) Paul Slovic : *The Perception of Risk*, Earthscan, pp.137-153, 2000.
- 7) <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/R/factanal2.html>
- 8) Land Transport Safety Authority, New Zealand : *Cycle Network and Route Planning Guide*, 2004.
- 9) 長谷川悠, 井料美帆 : ヴァーチャルリアリティ環境での歩行者実験に適した歩行者モデルの開発, 第15回ITSシンポジウム2017, 2017.
- 10) Dias, C., Iryo-Asano, M., Shimono, K. and Nakano, K.: Calibration of a Social Force-based Shared Space Model for Personal Mobility Vehicle and Pedestrian Mixed Traffic, *Proceedings of 96th Transportation Research Board Annual Meeting*, 2017.

(2018.4.27 受付)

Perception of Risks by Pedestrians toward Implementation of Personal Mobility Vehicles

Takayuki HISHIKAWA, Miho IRYO and Yu HASEGAWA

Personal mobility vehicles (PMV) are compact, superior to environmental performance and paid their attention as a local transportation mode. For deployment of PMV social acceptance on PMV whether pedestrians can subjectively accept the pedestrian-PMV mixed traffic has to be examined. This research aims at investigating characteristics of the risk recognitions of pedestrians under mixed traffic considering type of PMV and pedestrian attributes. Questionnaire surveys were conducted to ask about the risk toward various vehicle types. The result of factor analysis showed two points; 1) sitting vehicle type is perceived as less risky than standing vehicle type by pedestrian, 2) risk perceptions are significantly different by pedestrian attributes (i.e. knowledge of PMV, walking behavior, walking habit and age).